

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 39 35 432 A 1

51 Int. Cl. 4:  
G 01 N 29/04  
G 01 B 17/00  
H 01 F 7/20

21 Aktenzeichen: P 39 35 432.6  
22 Anmeldetag: 20. 10. 89  
43 Offenlegungstag: 25. 4. 91

DE 39 35 432 A 1

71 Anmelder:

Mannesmann AG, 4000 Düsseldorf, DE

74 Vertreter:

Meissner, P., Dipl.-Ing.; Presting, H., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 1000 Berlin

72 Erfinder:

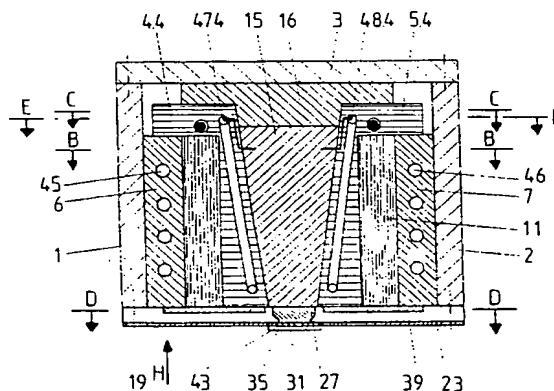
Verhoeven, Jürgen, 4130 Moers, DE; Wächter,  
Michael, Dr.rer.nat., 4030 Ratingen, DE; Graff,  
Alfred, Dipl.-Phys., 4300 Essen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Werkstücken

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Werkstücken aus elektrisch leitendem Material.

Elektrodynamische Ultraschallwandler mit mehreren in Reihen liegenden Prüfstücken mit wechselnder Polarität sind bekannt. Um das Stör-Nutzverhältnis günstiger zu gestalten und die Prüfvorrichtung für alle vorkommenden Prüfarten anpaßbar zu machen, ist im wesentlichen vorgeschlagen, daß die Magnetspulen (8-11) von einem Außenkühlkörper (6, 7) umgeben sind und daß darüber hinaus ein Innenkühlkörper vorgesehen ist, die beide von einem Kühlmedium durchflossen werden und daß eine das Elektromagnetsystem nach unten abschließende auswechselbare Grundplatte (19) vorgesehen ist, die eine der Anzahl der Polstücke entsprechende Anzahl von Ausnehmungen (20-23) aufweist.



DE 39 35 432 A 1

DE 39 35 432 A1

1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Werkstücken aus elektrisch leitendem Material gemäß dem Gattungsbegriff des Hauptanspruches.

Elektrodynamische Ultraschallwandler sind in ihrer Funktionsweise und in ihrem Aufbau in der Fachliteratur bereits ausführlich beschrieben und untersucht worden. Sie bestehen im wesentlichen aus je einer Sende- und einer Empfangswandlerspule oder einer kombinierten Sende-/Empfangswandlerspule, die in einem quasi statisch magnetischen Feld gegenüber dem Werkstück und nahe dessen Oberfläche angeordnet sind. Die Wandler- spulen sind elektrisch beaufschlagt und erzeugen dabei Ultraschallimpulse im Werkstück und rückwandeln akustische Reaktionsimpulse in elektrische Impulse. Alle derartigen in der Literatur beschriebenen elektrodynamischen Ultraschallwandler, die auf ebenen oder gekrümmten Werkstücken zur zerstörungsfreien Prüfung frei eingesetzt werden können, bestehen üblicherweise nur aus einem oder bis zu zwei Wandlern, von denen der zweite dann lediglich Empfangswandler ist (EP-PS 24 707).

Zur Steigerung der Prüfgeschwindigkeit ist deshalb vorgeschlagen worden (DE-OS 36 14 069) mehrere Polstücke, die einseitig mit einem weichmagnetischen Rückschluß untereinander verbunden sind, mit wechselnder Polarität in Reihe zu setzen und die Wandler- spulen entweder unter den Polstücken oder auf Lücke zu diesen anzuordnen. Die Prüfleistungen, die mit einer solchen Vorrichtung erreichbar sind, werden nicht als ausreichend angesehen, da das Stör-/Nutzverhältnis ungünstig ist. Eine Steigerung ist zum Beispiel möglich, wenn die Feldstärke des statischen Magnetfeldes noch weiter erhöht wird, bei möglichst geringem Polschuhabstand untereinander. Die Größe der erzeugbaren magnetischen Feldstärke ist aber im wesentlichen abhängig von der Amperewindungszahl der Magnetspulen. Daraus ergeben sich hohe Ströme in den Spulen, die aufgrund des Widerstandes der Spulenwicklung zu einer entsprechenden Erwärmung führen, die als sogenannte Verlustleistung abgeführt werden muß.

Aufgabe der Erfindung ist es, den bereits bekannten elektrodynamischen Ultraschallwandler mit mehreren in Reihe liegenden Polstücken mit wechselnder Polarität so zu verbessern, daß das Stör-/Nutzverhältnis günstiger wird und die Prüfvorrichtung für alle vorkommenden Prüfarten (Längsfehler, Querfehler, Schrägfehler, Wanddicke) in einfacher Weise anpaßbar ist.

Diese Aufgabe wird mit den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorzugsweise Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Erfindungsgemäß wird im Bereich des Elektromagneten ein Innen- und ein Außenkühlkörper angeordnet, die beide einen Kühlkanal aufweisen, der von einem Kühlmedium, vorzugsweise Wasser, durchflossen wird. Damit die Kühlwirkung auch der Sendespulen möglichst intensiv ist, ist der Innenkühlkörper fest mit den Polstücken verbunden. Zur Kühlung der im Querschnitt ringförmigen Magnetspulen füllt der Innenkühlkörper zusammen mit dem Polstück die freie Querschnittsfläche der Magnetspule vollständig aus, so daß sich ein enger Kontakt des Innenkühlkörpers mit der Innenfläche der Magnetspule ergibt. Die Außenflächen der Magnetspulen werden durch den Außenkühlkörper umfaßt, so daß der größte Teil der die Wärme abstrahlenden Flächen

2

der Magnetspulen durch die anliegenden Kühlkörper abgedeckt sind.

Zur einfachen und schnellen Anpassung an verschiedene Prüfaufgaben wird außerdem vorgeschlagen, die an sich bekannte, den Elektromagneten nach unten hin abschließende Kappe als massive Grundplatte auszubilden, die eine der Anzahl der Polstücke entsprechende Anzahl von Ausnehmungen aufweist, in die das Wandlerspulensystem einschließlich der Schutzkeramik eingelagert sind. Zur Verstärkung des die Wandlerspulen durchdringenden Magnetfeldes ist vorgesehen, zwischen dem Wandlerspulensystem und dem stirnseitigen freien Ende der Polstücke einen Magnetfeldkonzentratoren anzuordnen.

Die Kühlkörper sind aus fertigungstechnischen Gründen modular aufgebaut, d. h. aus gleichartig ausgebildeten Teilen, die dann baukastenmäßig zusammengesetzt werden. Damit können die Fertigungskosten gesenkt werden und es erleichtert die Auswechslung eines beschädigten Teiles. Der Außenkühlkörper besteht vorzugsweise aus zwei symmetrisch ausgebildeten Hälften mit einem das Elektromagnetsystem als Längswand abdeckendes Plattenelement. Von diesem springen im Querschnitt arkadenartig ausgebildete Stege hervor, die abgerundet in das Plattenelement übergehen. Mit Hilfe dieser Stege werden die Magnetspulen hälftig umfaßt, so daß die gesamte äußere Mantelfläche der Magnetspule an der Innenfläche des Außenkühlkörpers zur Anlage kommt. Der Kühlkanal verläuft parallel und mäanderförmig im Plattenelement mit einem auf der gleichen Deckseite mündenden Zu- und Ablauf. Dies erleichtert die Anschlußmöglichkeit mit den Kühlkanälen der anderen Körper.

Der Innenkühlkörper besteht aus paarweise gebildeten Elementen, wobei jedes Element eine rechteckig ausgebildete Deckplatte und einen an der Längsseite der Deckplatte angeordneten, senkrecht darauf stehenden Steg aufweist und jeweils zwei aneinander gegenüberstehende schräg verlaufende Schmalseiten der Stege fest mit den schräg verlaufenden Schmalseiten der Polstücke verbunden sind. Die Verbindung selbst ist vorzugsweise eine Lötverbindung, so daß durch den innigen Kontakt die Wärmeleitung optimal ist. Der Kühlkanal in jedem Element verläuft parallel zur Längserstreckung der Deckplatte und auf- und absteigend im Steg. Die Mündung des Zu- und Ablaufes befindet sich auf der jeweiligen Stirnseite der Deckplatte. Mittels einer durch die Deckplatten sich erstreckenden Zugstange können die in Reihe liegenden Kühlelemente miteinander verbunden werden. Für die Abdichtung in der Trennebene zwischen zwei aneinanderstoßenden Deckplatten ist im Bereich der Mündung des Zu- bzw. Ablaufes ein Dichtelement angeordnet. Der jeweils links und rechts vom Polstück verlaufende Kühlkanal ist an einem Ende der Reihe durch ein Brückenelement miteinander verbunden.

Zur Verringerung der erforderlichen Anschlüsse für den Kühlkreislauf wird weiterhin vorgeschlagen, die durchgehenden Kühlkanäle des Innenkühlkörpers mit den Kühlkanälen der beiden Hälften des Außenkühlkörpers in Reihe zu schalten. Dabei durchläuft das Kühlmedium zuerst den Innenkühlkörper der einen Hälfte und anschließend den Kühlkanal des dazugehörigen Außenkühlkörpers. Über das bereits erwähnte Brückenelement durchläuft das Kühlmedium dann den Kühlkanal des Außenkühlkörpers der zweiten Hälfte und anschließend den Kühlkanal des dazugehörigen Innenkühlkörpers. Durch diese Reihenschaltung ist nur ein einziger

## DE 39 35 432 A1

3

4

Zu- und Ablauf für das Kühlmedium erforderlich. Im Sinne einer guten Wärmeleitung werden die Elemente der Kühlkörper vorzugsweise aus massivem Kupfer gefertigt und die Kühlkanäle werden durch in der Wand verlaufende Bohrungen hergestellt, wobei die teilweise erforderlichen Durchbrüche anschließend wieder verschlossen werden.

Die Ausnehmungen auf der Innenseite der Grundplatte weisen im wesentlichen einen rechteckigen Querschnitt auf und erstrecken sich senkrecht zur Längsseite und über die ganze Breite der Grundplatte. In diesen Ausnehmungen, die entlang der Erstreckung eine unterschiedliche Tiefe aufweisen und im mittleren Bereich durch die ganze Wand gehen, sind die zu den Wandler-  
spulen führenden elektrischen Anschlüsse eingelagert. In der Mitte der Ausnehmungen sind die Schutzkeramik, die Wandler-  
spulen und der Magnetfeldkonzentrator angeordnet. Um die Wandler-  
spulen so weit als möglich zu schützen, weisen die Wandler-  
spulen und der Magnetfeldkonzentrator einen kleineren Querschnitt als die Ausnehmungen an dieser Stelle auf und der sich dadurch bildende Zwischenraum wird mit einem die Wandler-  
spulen und den Magnetfeldkonzentrator umfassenden Kühlblech ausgefüllt. Dieses Kühlblech wird vorzugsweise aus Kupfer gefertigt und deckt den größten Teil der Ausnehmung ab. Damit der Wärmeschutz für die empfindlichen Wandler-  
spulen auch wirksam werden kann, ist nach dem Zusammenbau das Kühlblech im Kontakt zum Innen- und Außenkühlkörper. Die massive Grundplatte weist auch Ausnehmungen auf der dem Werkstück zugewandten Seite auf, in die feste Verschleißschutzleisten eingelassen sind, die um Bruchteile von Millimetern gegenüber der Grundplatte vorstehen.

Zur Steigerung der Magnetfeldstärke sind die Magnetspulen aus Aluminiumband gewickelt, so daß im Vergleich zu einem lackierten Kupferdraht eine hohe Packungsdichte erreicht werden kann, da wegen der größeren Kontaktfläche die Wärme besser abführbar ist. Um die Magnetspulen auch auf der Stirnflächen-  
seite zu kühlen, sind die Deckplatten des Innenkühlkörpers so ausgebildet, daß sie mit ihrer Unterseite auf der Stirnseite der Magnetspulen zur Anlage kommen. Dabei wird die querliegende Erstreckung der Deckplatten so gewählt, daß die Deckplatten auch auf der Deckseite des Außenkühlkörpers aufliegen. Damit wird sichergestellt, daß die Magnetspulen allumfassend gekühlt und die Amperewindung entsprechend erhöht werden kann.

Die massive Grundplatte ist mittels Befestigungselementen z. B. Schrauben auswechselbar mit einem das Elektromagnetsystem und die Kühlkörper umfassenden Gehäuse verbunden. Dies hat den Vorteil, daß bei Änderung der Prüfaufgabe eine entsprechend vorbereitete Grundplatte mit z. B. einer anderen Anordnung des Wandler-  
spulensystems schnell und in einfacher Weise mit dem unveränderbaren Teil der Vorrichtung verbunden werden kann.

Mit der im Vorstehenden beschriebenen einfachen Ausführungsform der gesamten Vorrichtung wird in der Weise geprüft, daß die Vorrichtung auf der Seite der Grundplatte auf das Werkstück aufgesetzt wird und das Werkstück sich darunter hinwegbewegt, wobei die eigentliche Abstützung der schweren Vorrichtung über die etwas hervorstehenden Verschleißleisten erfolgt. Dies hat zur Folge, daß durch den Reibschluß zwischen den Verschleißleisten mit der Werkstückoberfläche die Verschleißleisten relativ schnell abgenutzt sind und die Gefahr besteht, daß die Grundplatte bzw. die die Wand-

lerspulen schützende Keramik beschädigt wird. Aus diesem Grunde ist es bekannt, das Prüfkopflinial in einem Gehäuse anzuordnen, das sich auf der Werkstückoberfläche über daran befestigte Kugelrollenhalter abstützt, wobei die in den Kugelrollenhalter eingelassenen Kugelrollen ebenfalls um einige Zehntel Millimeter gegenüber der Grundplatte hervorstehen. Diese Anordnung hat gegenüber den festen Verschleißleisten den Vorteil, daß die Rollreibung zwischen Kugelrollen und Werkstückoberfläche wesentlich geringer ist als der schleifende Kontakt. Infolge unterschiedlicher Oberflächenkonturen des zu prüfenden Werkstückes kann bei der Kugelrollenanordnung ein zu großer Abstand zwischen dem Prüfling und einzelnen Prüfköpfen des Lineals auftreten. Aus diesem Grunde wird weiterbildend vorgeschlagen, die Wandler-  
spulen einschließlich der abdeckenden Schutzkeramik beweglich in die Grundplatte einzulassen, die Schutzkeramik mit einem Verschleißschutz zu umgeben, der um Bruchteile von Millimetern gegenüber der Grundplatte vorsteht und diese Elemente als kompakte Einheit über Federn an das Werkstück anzudrücken.

Die Herstellung des vorher beschriebenen Innenkühlkörpers ist fertigungstechnisch etwas aufwendig und auch der Verbund mit den konischen Polstücken ist nicht ganz einfach zu realisieren. Aus diesem Grunde wird weiterbildend eine andere Ausführungsform vorgeschlagen, bei der die Funktion des Polstückes und des Innenkühlkörpers in einem Stück vereinigt und die geometrische Form stark vereinfacht wurde. Das aus Weicheisen gefertigte Polstück weist wie der Innenkühlkörper einen aufund absteigenden Kühlkanal auf, der untereinander und mit dem Kühlkanal des Außenkühlkörpers verbunden ist. Statt der schwer herzustellenden konischen Form weist das Polstück einen den Innenraum der Magnetspulen auffüllenden ovalen Querschnitt auf, der über die axiale Erstreckung hin gleich bleibt. Die mechanische Verklammerung der einzelnen Polstücke untereinander erfolgt wie bisher über längs durch den Kopfbereich der Polstücke sich erstreckende Zugstangen. Der obere Abschluß der Polstücke ist eben, so daß auch die Herstellung des weichmagnetischen Rückschlusses sich vereinfacht. Anders gestaltet ist der Magnetfeldkonzentrator, der sich von der jeweiligen Wandler-  
spule axial bis in den Bereich Magnetspulen hinein erstreckt. Dabei vergrößert sich die quer zur Reihenerstreckung liegende Breite, um die magnetische Sättigung zu optimieren. Als Werkstoff für den Magnetfeldkonzentrator wird üblicherweise Kobalteisen oder eine in eine Kunststoffmatrix eingebettete Pulvermischung (Corovac) verwendet.

In der Zeichnung wird die erfindungsgemäße Vorrichtung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Querschnitt durch die erfindungsgemäße Vorrichtung entlang der Linie A-A in Fig. 3,

Fig. 2 einen nach Montageschritten unterteilten Querschnitt mit a und b entlang der Linie B-B in Fig. 1 und c und d entlang der Linie C-C in Fig. 1,

Fig. 3 einen nach Montageschritten a-d unterteilten Querschnitt entlang der Linie D-D in Fig. 1 Fig. 4 einen Querschnitt entlang der abgesetzten Linie E-E in Fig. 1,

Fig. 5 einen Schnitt durch den Außenkühlkörper entlang der Linie F-F in Fig. 6,

Fig. 6 einen Schnitt entlang der Linie G-G in Fig. 5,

Fig. 7 eine Ansicht in Richtung H in Fig. 1,

Fig. 8 wie Fig. 1, jedoch eine andere Ausführungsform,

Fig. 9 zeigt einen Querschnitt durch die erfindungsgemäße

## DE 39 35 432 A1

5

6

maße Vorrichtung entlang der Linie A-A in Fig. 3. In einem Gehäuse, bestehend aus den Längsseitenwänden 1, 2 und der Deckplatte 3 und den in dieser Figur nicht dargestellten Stirnwänden 17, 18 (Fig. 7) sind der mehrteilige Innen- 4.1 bis 4.4, 5.1 bis 5.4 und der Außenkühlkörper 6, 7 sowie das vier gleiche Elemente aufweisende Elektromagnetsystem mit den Magnetspulen 8 bis 11 und den Polstücken 12 bis 15 und den alle Polstücke 12 bis 15 untereinander verbindenden weichmagnetischen Rückschluß 16 angeordnet.

Den unteren Abschluß bildet die mit Schrauben an die Längs- 1, 2 und die Stirnseitenwände 17, 18 befestigbare und auswechselbare massive Grundplatte 19. In Ausnehmungen 20 bis 23 auf der Innenseite der Grundplatte 19 sind die Magnetfeldkonzentratoren 24 bis 27, die Wandler­spulen 28 bis 31, die Schutzkeramiken 32 bis 35 und die Kühlbleche 36 bis 39 angeordnet. Die Verschleißschutzleisten 40 bis 44 sind in Ausnehmungen auf der dem Werkstück zugewandten Seite der Grundplatte 19 eingelassen. In den beiden Hälften 6, 7 des Außenkühlkörpers verläuft mäanderförmig je ein Kühlkanal 45, 46, die mit den Kühlkanälen 47.1 bis 47.4 und 48.1 bis 48.4 der Elemente 4.1 bis 4.4 und 5.1 bis 5.4 des Innenkühlkörpers verbunden sind.

Fig. 2 zeigt einen nach Montageschritten a-d unterteilten Querschnitt für die Teilbilder a und b entlang der Linie B-B in Fig. 1 und für die Teilbilder c und d entlang der Linie C-C in Fig. 1. In dieser Darstellung wurden das die Vorrichtung umhüllende Gehäuse weggelassen. In den Teilbildern a und b sind die zwei Hälften 6, 7 des Außenkühlkörpers dargestellt. Gut zu erkennen sind in diesen beiden Teilbildern a und b die arkadenartig hervorspringenden Stege 49, 50, die die Magnetspulen 8 bis 11 an der Außenfläche allseitig umfassen. Nach Einbau der paarweise angeordneten Innenkühlkörper­elemente 4.3 und 5.3 ergibt sich Teilbild c. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, sind die Innenkühlkörper­elemente 4.1 bis 4.4 und 5.1 bis 5.4 entlang ihrer schrägverlaufenden Schmalseiten fest mit den ebenfalls schrägverlaufenden Schmalseiten der jeweiligen Polstücke 12 bis 15 verbunden. Die Verbindung erfolgt über eine Löt­naht. Nach Anordnung des einstückigen massiven Rückschlusses 16 ergibt sich Teilbild d.

Fig. 3 zeigt ebenfalls einen nach Montageschritten a bis d unterteilten Querschnitt entlang der Linie D-D in Fig. 1. Die massive Grundplatte 19 weist auf der Innenseite eine der Anzahl der Polstücke 12 bis 15 entsprechende Anzahl von Ausnehmungen 20 bis 23 auf, die sich quer zur Längsachse und über die ganze Breite der Grundplatte 19 erstrecken. Teilbild a zeigt die Anordnung der jeweiligen Schutzkeramiken 32 bis 35 in der Mitte der Ausnehmung 20 bis 23. Die jeweiligen Wandler­spulen 28 bis 31 werden gemäß Teilbild b auf den Schutzkeramiken 32 bis 35 aufgeklebt und die zu den Wandler­spulen 28 bis 31 führenden elektrischen Anschlüsse 51, 52 sind in den Ausnehmungen 20 bis 23 eingebettet. Teilbild c ergibt sich nach der Montage der auf den Wandler­spulen 28 bis 31 liegenden Magnetfeldkonzentratoren 24 bis 27. Der verbleibende Zwischenraum wird wie Teilbild d zeigt durch Kühlbleche 36 bis 39 ausgefüllt. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, sind die Kühlbleche 36 bis 39 nach dem Zusammenbau im Kontakt zu den Elementen 4.1 bis 4.4 und 5.1 bis 5.4 des Innenkühlkörpers und des Außenkühlkörpers 6, 7.

In Fig. 4 sind in einem Querschnitt entlang der Linie E-E in Fig. 1 die Einzelheiten des Kühlsystems dargestellt. Dazu gehören auch die Fig. 5 und 6 mit den Einzelheiten des Kühlsystems speziell im Außenkühlkörper

6. Der Zulauf 53 für das Kühlmedium beginnt im ersten Element 4.1 des Innenkühlkörpers und das Kühlmedium fließt weiter im Kühlkanal 47.1 ab- und aufsteigend (Fig. 1) im Steg dieses Elementes 4.1. Der Kühlkanal 47.1 setzt sich fort in horizontaler Richtung innerhalb der Deckplatte des jeweiligen Elementes und wechselt dann über in den Kanal 47.2 des angrenzenden Elementes 4.2. Nicht dargestellt ist, daß an der Stoßstelle der Kühlkanäle 47.1 und 47.2 zwischen den beiden angrenzenden Elementen 4.1 und 4.2 eine Dichtung angeordnet ist. Die Elemente 4.1 bis 4.4 und 5.1 bis 5.4 des Innenkühlkörpers werden über zwei Zugstangen 55, 56 zusammengehalten. Die Kühlkanäle 47.1 bis 47.4 der einen Hälfte des Innenkühlkörpers sind in Reihe geschaltet mit dem Kühlkanal 45 des dazugehörigen Außenkühlkörpers 6. Dazu ist im letzten Element 4.4 des Innenkühlkörpers ein querliegender Kühlkanal 57 angeordnet, der mit dem Zulauf des mäanderförmig verlaufenden Kühlkanals 45 des Außenkühlkörpers 6 verbunden ist (siehe Fig. 5 und 6). Nach Durchlaufen dieses Kühlkanals 45 erfolgt der Wechsel in die andere Hälfte über ein Brückenelement 59. Dieses ist verbunden mit dem Kühlkanal 46 des gegenüberliegenden Außenkühlkörpers 7. Nach Durchlaufen dieses Kühlkanals 46 durchfließt das Kühlmedium die miteinander verbundenen Kühlkanäle 48.1 bis 48.4 der gegenüberliegenden Elemente des Innenkühlkörpers. Im ersten gegenüberliegenden Element 5.1 des Innenkühlkörpers ist der Abfluß 54 angeordnet.

Fig. 7 zeigt in Richtung A in Fig. 1 die dem Werkstück zugewandte Seite der massiven Grundplatte 19. In quer zur Längserstreckung der Grundplatte 19 liegenden Ausnehmungen sind Verschleißschutz­elemente 40 bis 44 eingelassen, die, wie Fig. 1 in übertriebener Darstellung zeigt, etwas gegenüber der jeweiligen Schutzkeramik 32 bis 35 hervorstehen. Damit sollen die die Wandler­spulen 24 bis 27 schützenden Keramikelemente im rauen Prüfbetrieb geschont werden. In dieser Darstellung ist auch die Befestigungsmöglichkeit der Grundplatte 19 auf den Schmalseiten der Längs- 1, 2 und Stirnwände 17, 18 zu erkennen.

In Fig. 8 ist im gleichen Querschnitt wie in Fig. 1 eine andere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Dabei sind für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen verwendet worden. Der entscheidende Unterschied in zur Fig. 1 dargestellten Ausführungsform besteht darin, daß es keinen separaten Innenkühlkörper mehr gibt, sondern die Polstücke 60-63 direkt gekühlt werden. Unverändert sind dagegen das Gehäuse, bestehend aus den Längsseitenwänden 1, 2 und der Deckplatte 3 und den in dieser Figur nicht dargestellten Stirnwänden 17, 18 (Fig. 7) sowie der Außenkühlkörper 6, 7 und die Magnetspulen 8 bis 11. Dies gilt auch für die massive Grundplatte 19 und die in Ausnehmungen 20 bis 23 auf der Innenseite der Grundplatte 19 angeordneten Wandler­spulen 28 bis 31, die Schutzkeramiken 32 bis 35, die Kühlbleche 36 bis 39 und die in Ausnehmungen auf der dem Werkstück zugewandten Seite der Grundplatte 19 eingelassenen Verschleißschutz­leisten 40 bis 44. Vereinfacht wurde die Form der Polstücke 60-63, die in diesem Ausführungsbeispiel auch die Funktion des Innenkühlkörpers übernehmen. Dazu sind vergleichbar wie in Fig. 1 Kühlkanäle 64.1-64.4; 65.1-65.4, in den Polstücken 60-63 selbst angeordnet, die untereinander und mit den Kühlkanälen 45, 46 des Außenkühlkörpers 6, 7 verbunden sind. Die mechanische Verklammerung der Polstück 60-63 erfolgt durch die bereits in Fig. 4 erwähnten und dargestellten Zugstangen 55, 56. Vereinfacht

DE 39 35 432 A1

7

facht wurde auch die Form des magnetischen Rückschlusses 70, der in diesem Ausführungsbeispiel als gerade massive Platte ausgebildet ist. Völlig anders gestaltet sind die am jeweiligen stirnseitigen Ende der Polstücke 60-63 angeordneten Magnetfeldkonzentratoren 66-69. Sie erstrecken sich von den Wandlerpulsen 28-31 bis in den Bereich der Magnetspuln 8 bis 11, wobei sich die Breite der Magnetfeldkonzentratoren 8 bis 11 quer zur Reihenerstreckung zum jeweiligen Polstück 60-63 hin vergrößert.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Werkstücken aus elektrisch leitendem Material, bestehend aus einem über das Werkstück hinweg bewegbaren Elektromagnetsystem mit mehreren in Reihe und mit wechselnder Polarität angeordneten Polstücken, die auf der dem Werkstück abgewandten Seite mit einem weichmagnetischen Rückschluß untereinander verbunden sind, sowie Wandlerpulsen, die unter den Polstücken angeordnet sind, wobei die Polstücke an ihren freien Enden einen rechteckigen Querschnitt haben und sich die Breite der Polstücke quer zur Reihenerstreckung zu dem magnetischen Rückschluß hin so vergrößert, daß in allen Querschnitten im Abstand vom freien Ende des Polstückes die magnetische Sättigung nicht ganz erreicht wird und die mit einer Schutzkeramik abgedeckten Wandlerpulsen in einer die dem Werkstück zugewandten Seite des Elektromagnetsystems abschließende Kappe eingelagert sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung einen mit einem von einem Kühlmedium durchflossenen Kühlkanal (47.1-47.4; 48.1-48.4) versehenen und mit dem Polstück (12-15) und mindestens der Innenfläche der Magnetspuln (8-11) in Kontakt liegenden Innenkühlkörper sowie einen ebenfalls mit einem Kühlkanal (45, 46) versehenen, die Außenfläche der Magnetspuln (8-11) umfassenden Außenkühlkörper (6, 7) aufweist und die das Elektromagnetsystem nach unten abschließende Kappe als massive auswechselbare Grundplatte (19) ausgebildet ist, die eine der Anzahl der Polstücke (12-15) entsprechende Anzahl von Ausnehmungen (20-23) auf der Innenseite aufweist, in die das jeweils einem Polstück (12-15) zugeordnete Wandlerpulsen (28-31) einschließlich der Schutzkeramik (32-35) eingelagert sind und zwischen dem Wandlerpulsen (28-31) und dem stirnseitigen freien Ende der Polstücke (12-15) ein Magnetfeldkonzentrator (24-27) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Außenkühlkörper aus zwei symmetrisch ausgebildeten Hälften (6, 7) besteht mit einem das Elektromagnetsystem als Längswand abdeckendes Plattenelement und von diesem im Querschnitt arkadenartig hervorspringenden Stegen (49, 50), die abgerundet in das Plattenelement übergehen und der Kühlkanal (45, 46) parallel und mäanderförmig im Plattenelement verläuft mit einem auf der gleichen Deckseite mündenden Zu- und Ablauf.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenkühlkörper aus einer der doppelten Anzahl der Polstücke (12-15) entsprechenden Anzahl von gleichartig ausgebildeten Elementen (4.1-4.4; 5.1-5.4) besteht, wobei jedes Ele-

8

- ment eine viereckig ausgebildete Deckplatte und einen an der Längsseite der Deckplatte angeordneten, senkrecht darauf stehenden Steg aufweist und jeweils zwei einander gegenüberstehende schrägverlaufende Schmalseiten der Stege fest mit den schrägverlaufenden Schmalseiten der Polstücke (12-15) verbunden sind und der Kühlkanal (47.1-47.4; 48.1-48.4) parallel zur Längserstreckung der Deckplatte und auf- und absteigend im Steg verläuft und der Zu- und Ablauf auf der jeweiligen Stirnseite der Deckplatte der aneinandergrenzenden Elemente (4.1-4.4; 5.1-5.4) mündet und die in Reihe liegenden Segmente des Innenkühlkörpers durch ein durch die Deckplatten sich erstreckendes Befestigungselement (55, 56) miteinander verbunden sind, wobei in der Trennebene zwischen zwei aneinander stoßenden Deckplatten im Bereich des Zu- bzw. Ablaufes eine Dichtung angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle (47.1-47.4; 48.1-48.4) des Innenkühlkörpers mit denen (45, 46) des Außenkühlkörpers (6, 7) in Reihe geschaltet und die Kühlkanäle (47.1-47.4; 45) der einen Hälfte mit denen (48.1-48.4; 46) der anderen Hälfte über ein Brückenelement (59) verbunden sind.
  5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilelemente (4.1-4.4; 5.1-5.4) des Innen- und des Außenkühlkörpers (6, 7) aus massivem Kupfer gefertigt sind.
  6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (20-23) auf der Innenseite der Grundplatte (19) im wesentlichen einen rechteckigen Querschnitt aufweisen und senkrecht zur Längsseite und über die ganze Breite der Grundplatte (19) sich erstrecken und die zu den in der Mitte angeordneten Wandlerpulsen (28-31) führenden elektrischen Anschlüsse (51, 52) in der Ausnehmung (20-23) eingelagert sind.
  7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des Magnetfeldkonzentratoren (24-27) und der Wandlerspule (28-31) kleiner ist als der der Ausnehmung (20-23) und der sich dadurch bildende Zwischenraum mit einem den Konzentrator (24-27) und die Wandlerspule (28; 31) umfassenden Kühlblech (36-39) ausgefüllt ist und das Kühlblech (36-39) den größten Teil der Ausnehmung (20-23) abdeckt und nach dem Zusammenbau in Kontakt ist zum Innen- (4.1-4.4; 5.1-5.4) und Außenkühlkörper (6, 7).
  8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlblech (36-39) aus Kupfer gefertigt ist.
  9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetspuln (8-11) aus Aluminiumband gewickelt sind.
  10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der dem Werkstück zugewandten Seite der Grundplatte (19) zusätzlich Verschleißschutzelemente (40-44) in entsprechenden Ausnehmungen angeordnet sind und diese gegenüber der Schutzkeramik (32-35) etwas hervorstehen.
  11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerpulsen (28-31) einschließlich der sie abdeckenden Schutzkeramik (32-35), die wiederum mit einem Verschleißschutz umgeben sind, beweglich in der Grundplatte (19) angeordnet sind und diese Elemente als kompakte Einheit über

DE 39 35 432 A1

9

10

Federn an das zu prüfende Werkstück angedrückt werden, wobei die eigentliche Abstützung der Vorrichtung über an sich bekannte an der Vorrichtung befestigte Kugelrollenhalter erfolgt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundplatte (19) mit Befestigungselementen auswechselbar mit einem das Elektromagnetsystem und die Kühlkörper umfassenden Gehäuse verbunden ist.

13. Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Werkstücken aus elektrisch leitendem Material, bestehend aus einem über das Werkstück hinweg bewegbaren Elektromagnetsystem mit mehreren in Reihe und mit wechselnder Polarität angeordneten Polstücken, die auf der dem Werkstück abgewandten Seite mit einem weichmagnetischen Rückschluß untereinander verbunden sind, sowie die mit einer Schutzkeramik abgedeckten Wandlerpulsen, die unter den Polstücken angeordnet und in einer die dem Werkstück zugewandten Seite des Elektromagnetsystems abschließende Kappe eingelagert sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung mit einem von einem Kühlmedium durchflossenen Kühlkanal (64.1-64.4; 65.1-65.4) versehene Polstücke (60-63), deren Mantelflächen im Kontakt sind mit der Innenfläche der Magnetspulen (8-11), sowie einen ebenfalls mit einem Kühlkanal (45, 46) versehenen, die Außenfläche der Magnetspulen (8-11) umfassenden Außenkühlkörper (6, 7) aufweist und die das Elektromagnetsystem nach unten abschließende Kappe als massive auswechselbare Grundplatte (19) ausgebildet ist, die eine der Anzahl der Polstücke entsprechende Anzahl von Ausnehmungen (20-23) auf der Innenseite aufweist, in die das jeweils einem Polstück zugeordnete Wandlerpulensystem (28-31) einschließlich der Schutzkeramik (32-35) eingelagert sind und zwischen dem Wandlerpulensystem (28-31) und dem stirnseitigen freien Ende der Polstücke ein sich axial bis in den Bereich der Magnetspulen (8-11) erstreckender Magnetfeldkonzentrator (66-69) angeordnet ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

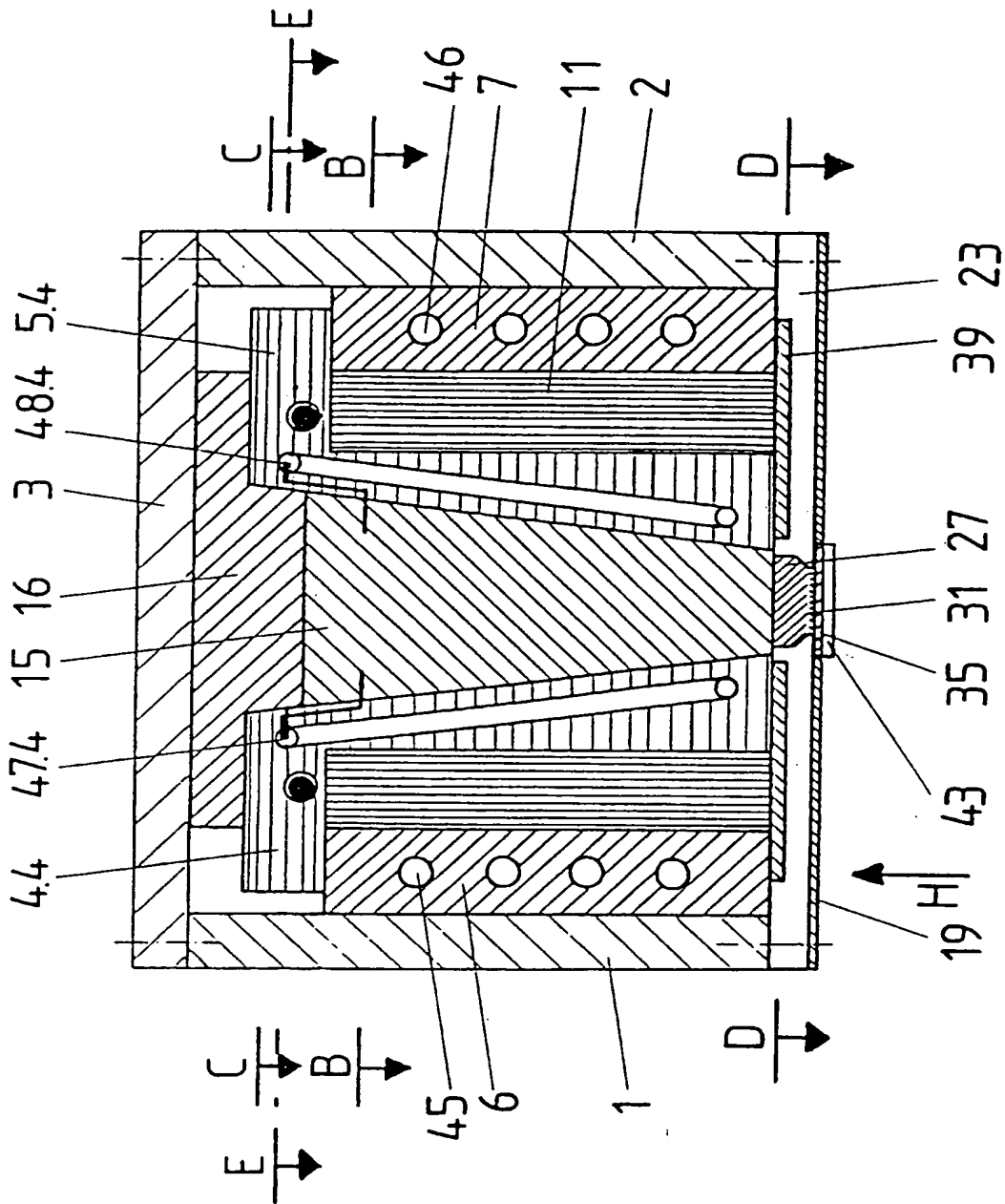
65

— Leerseite —

ZEICHNUNGEN SEITE

Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 39 35 432 A1  
G 01 N 29/04  
25. April 1991

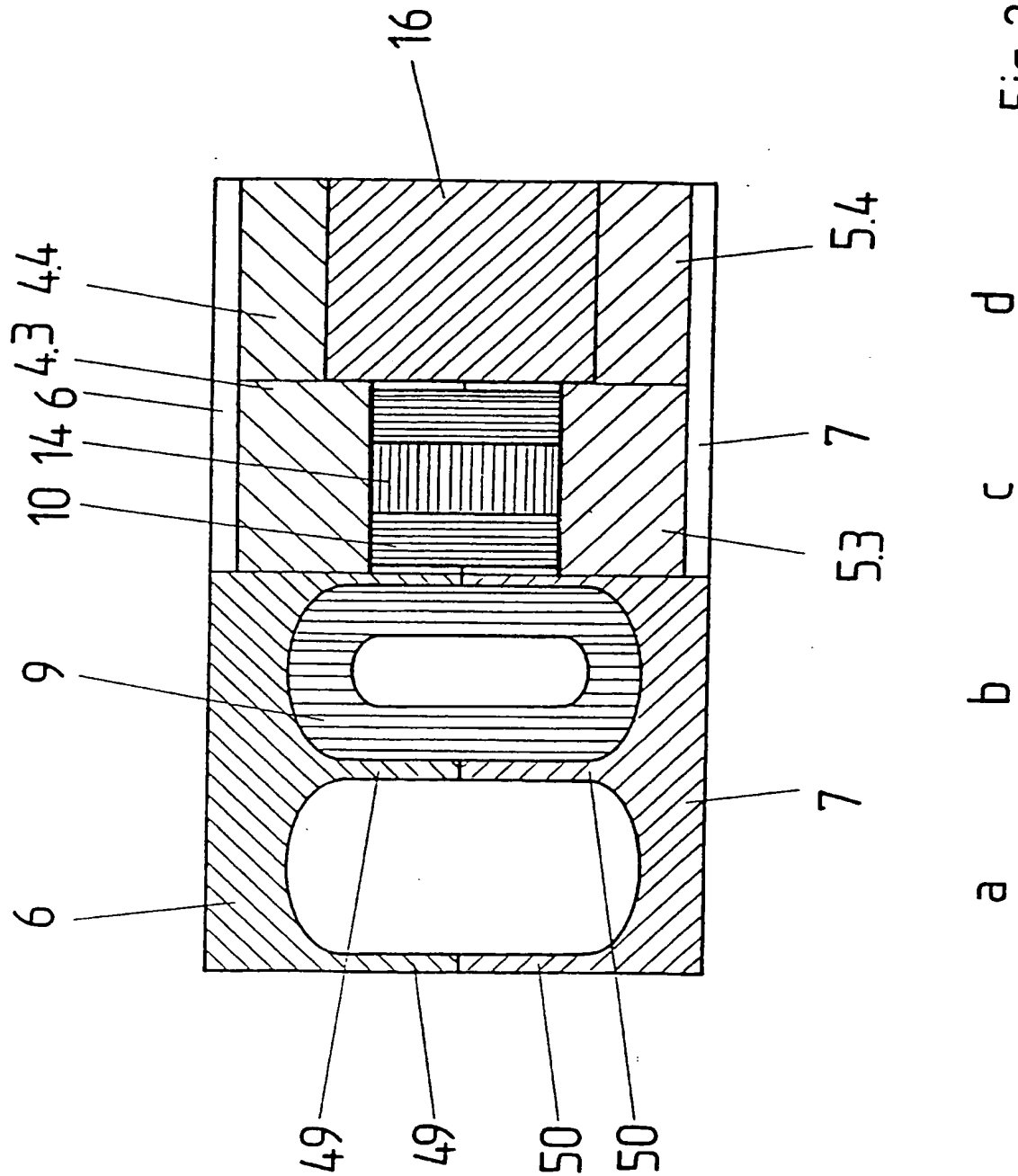




ZEICHNUNGEN SEITE

Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

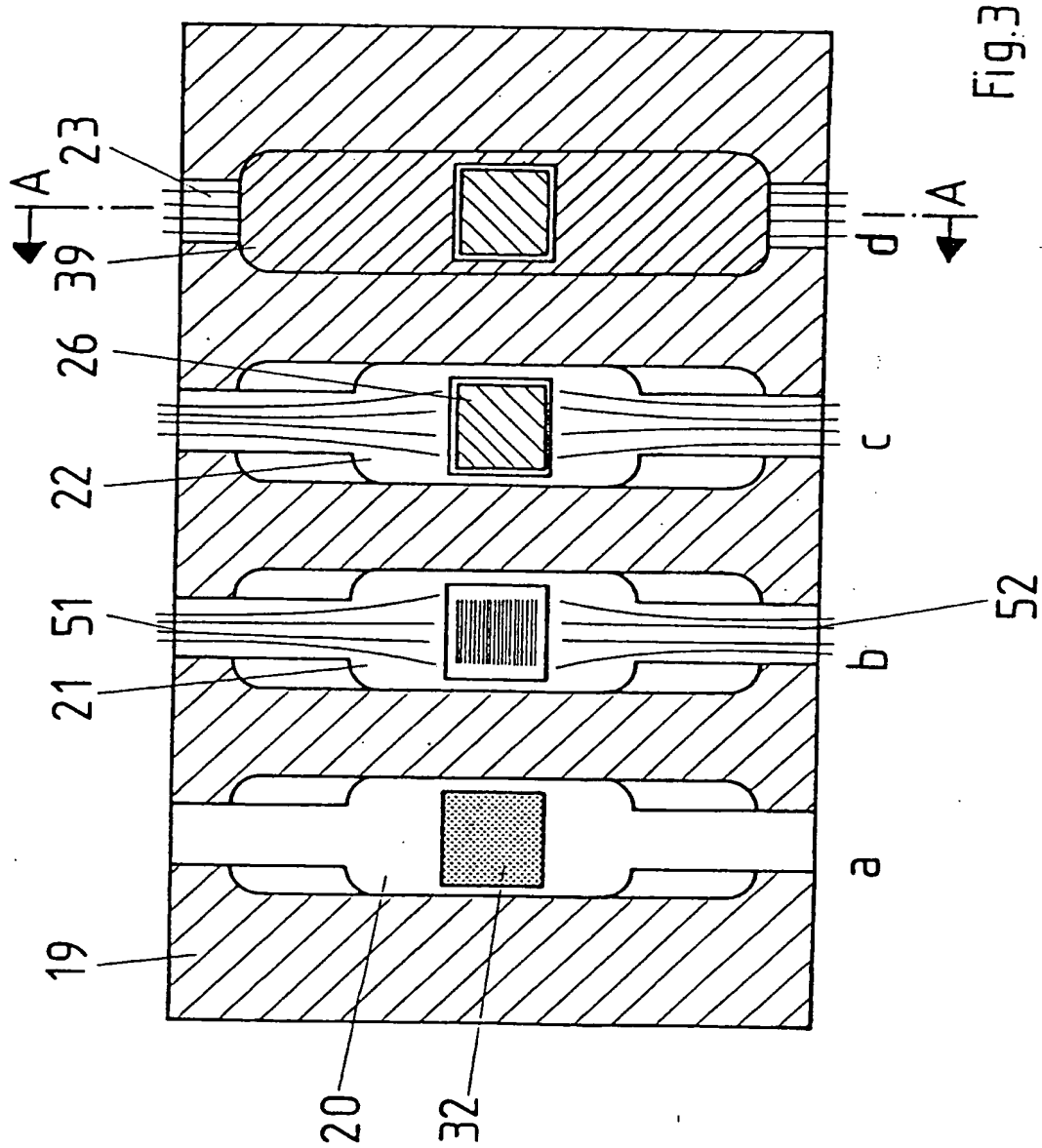
DE 39 35 432 A1  
G 01 N 29/04  
25. April 1991



ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:  
Int. Cl. 5:  
Offenlegungstag:

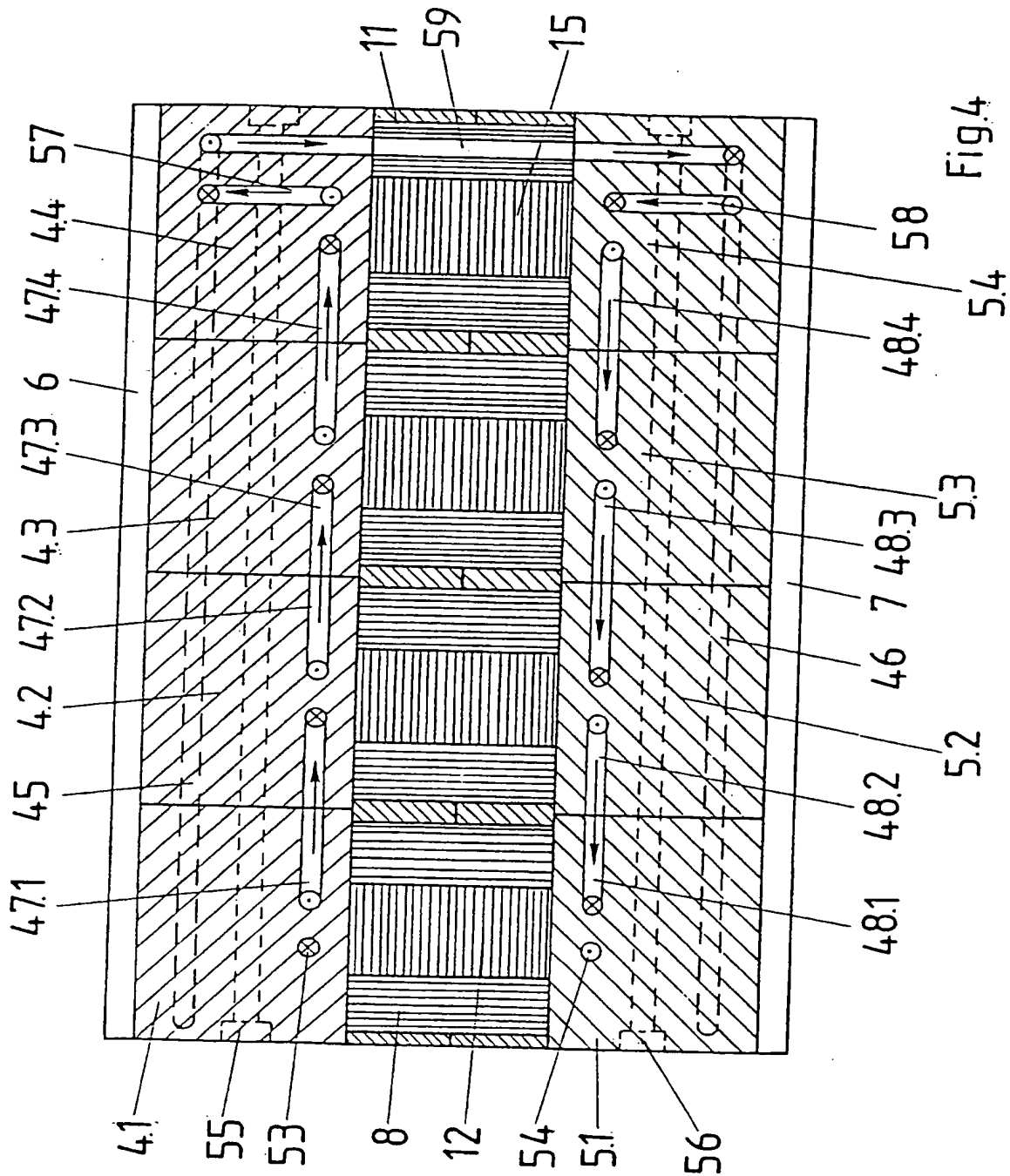
DE 39 35 432 A1  
G 01 N 29/04  
25. April 1991



ZEICHNUNGEN SEITE

Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

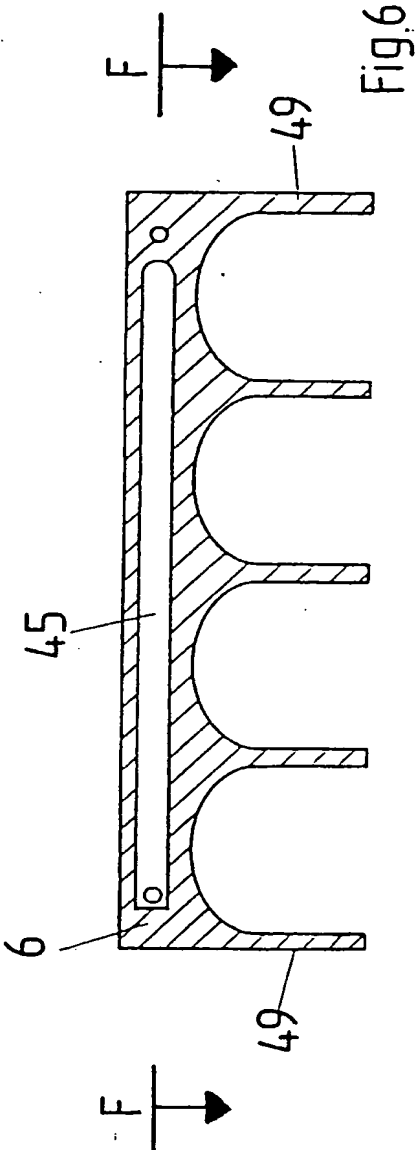
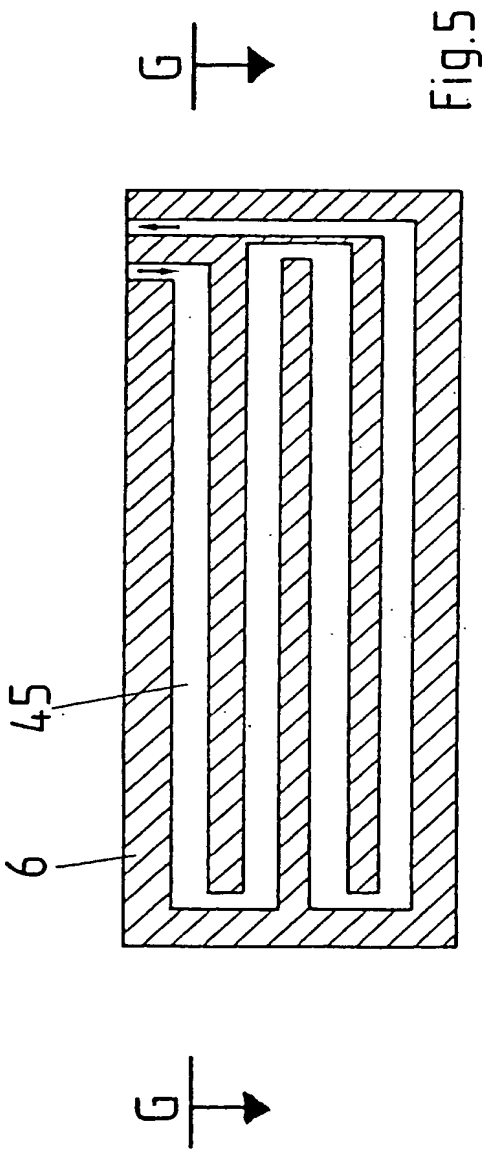
DE 39 35 432 A1  
G 01 N 29/04  
25. April 1991



ZEICHNUNGEN SEITE 5

Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

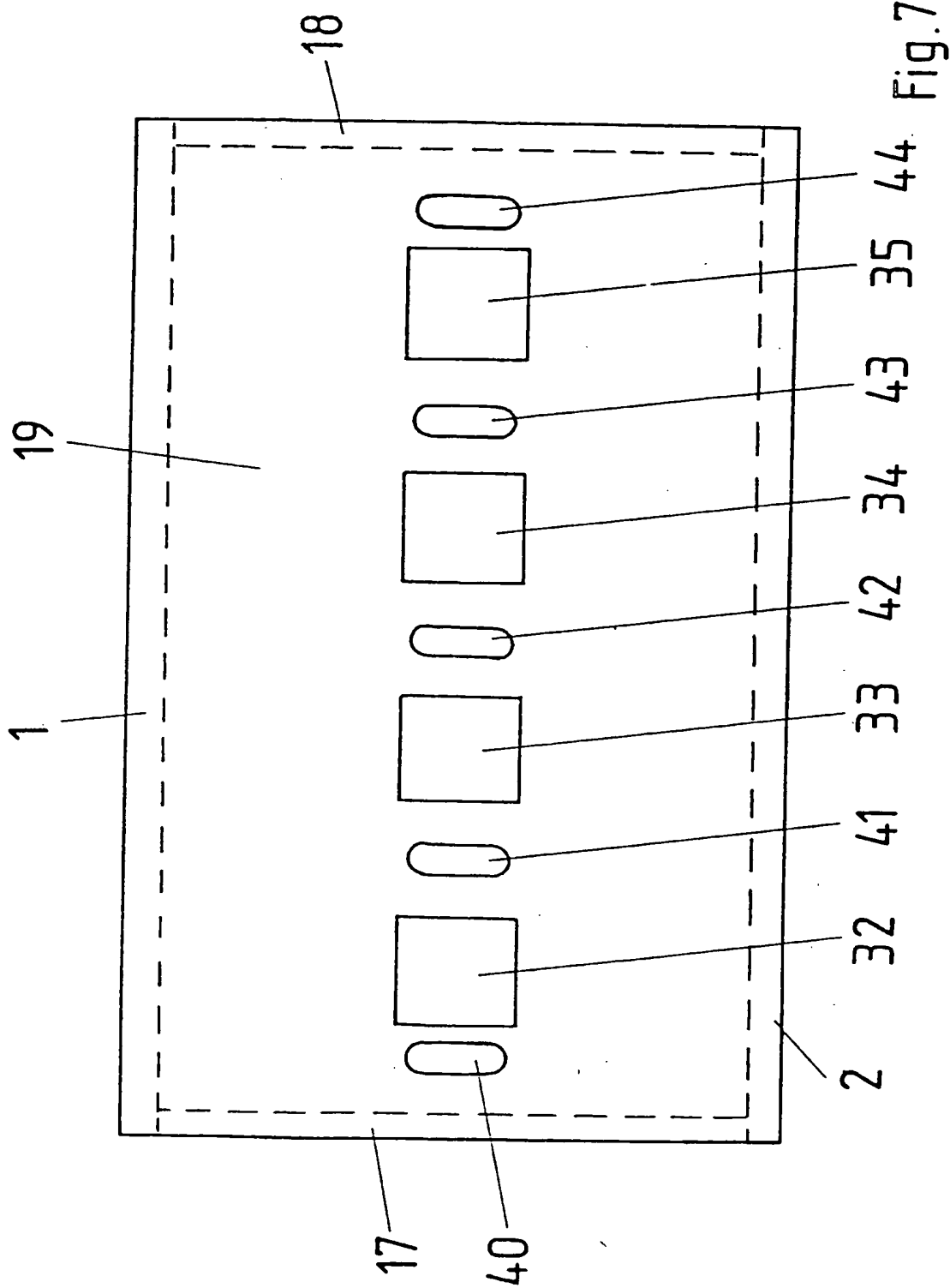
DE 39 35 432 A1  
G 01 N 29/04  
25. April 1991



ZEICHNUNGEN SEITE

Nummer:  
Int. Cl. 5:  
Offenlegungstag:

DE 39 35 432 A1  
G 01 N 29/04  
25. April 1991



ZEICHNUNGEN SEITE 7

Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 39 35 432 A1  
G 01 N 29/04  
25. April 1991

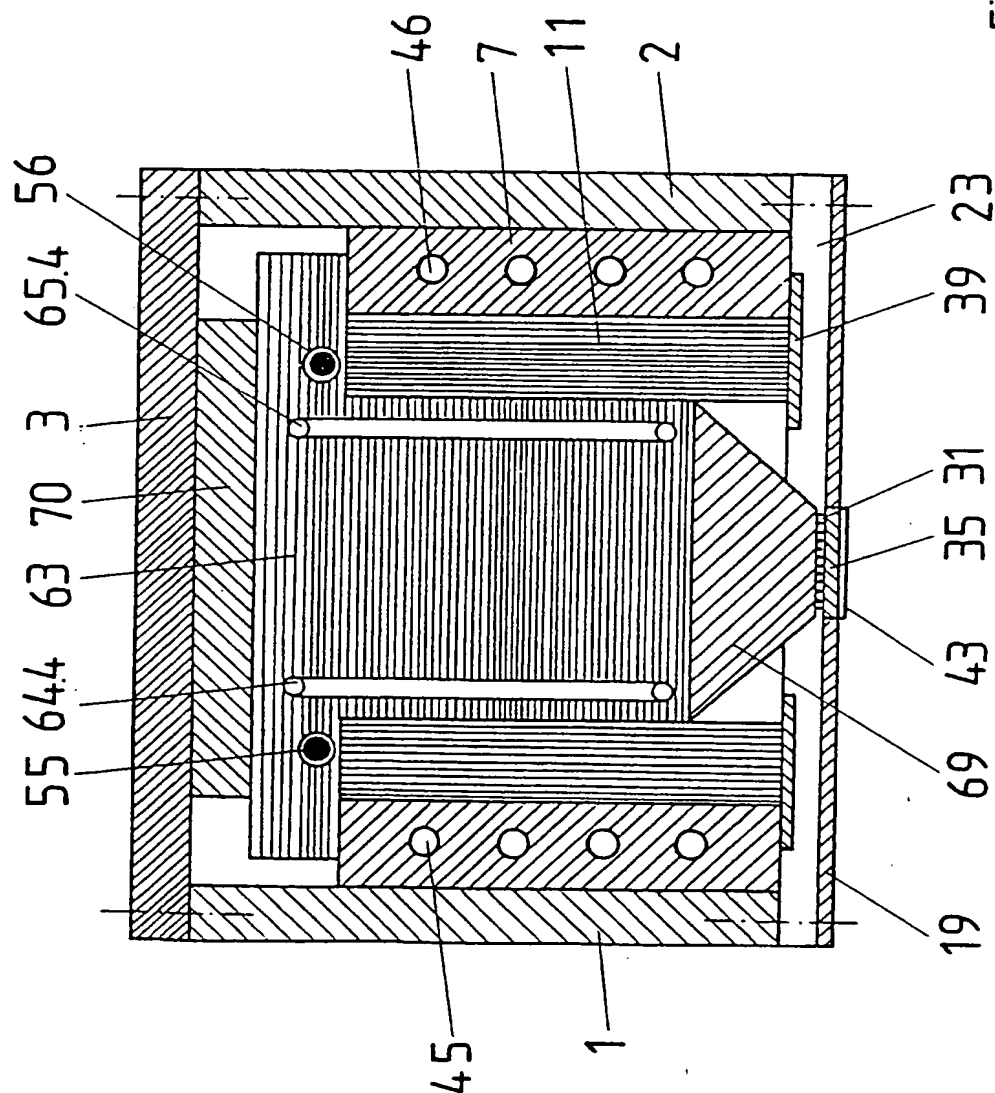


Fig. 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**